

PAT-NO: JP403216287A  
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 03216287 A  
TITLE: LASER BEAM CUTTING METHOD  
PUBN-DATE: September 24, 1991

INVENTOR-INFORMATION:  
NAME  
KARUBE, NORIO

ASSIGNEE-INFORMATION:  
NAME COUNTRY  
FANUC LTD N/A

APPL-NO: JP02010029  
APPL-DATE: January 19, 1990

INT-CL (IPC): B23K026/06, H01S003/00 , H01S003/101  
US-CL-CURRENT: 219/121.72

ABSTRACT:

PURPOSE: To prevent the deterioration of condensing characteristics due to optical strain by using a laser beam having a ring mode main component where the central part is omitted to perform cutting.

CONSTITUTION: The laser beam 12 having the ring mode main component TEM01 where the central part is omitted is used. At that time, even if laser beam output is the same level, power density is reduced and overheat of the central part is easily generated on a condensing system where peripheral cooling is carried out, hence the optical strain is hardly generated on such main component TEM01 mode where the central part is not irradiated with the laser

beam 12. Namely, the optical strain due to laser beam absorption of the central part of a condenser lens 11 is reduced and the deterioration of condensing characteristics can be prevented.

COPYRIGHT: (C)1991, JPO&Japio

⑨ 日本国特許庁(JP)

⑩ 特許出願公開

⑪ 公開特許公報(A)

平3-216287

⑫ Int.Cl.<sup>3</sup>

識別記号

庁内整理番号

⑬ 公開 平成3年(1991)9月24日

B 23 K 26/06  
H 01 S 3/00  
3/101

E 7920-4E  
B 7630-5F  
7630-5F

審査請求 未請求 請求項の数 9 (全6頁)

⑭ 発明の名称 レーザ切断加工方法

⑮ 特 願 平2-10029

⑯ 出 願 平2(1990)1月19日

⑰ 発 明 者 軽 部 規 夫 山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場3580番地 ファナック  
株式会社レーザ研究所内

⑱ 出 願 人 ファナック株式会社 山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場3580番地

⑲ 代 理 人 弁理士 服 部 毅 巖

#### 明 細 書

##### 1. 発明の名称

レーザ切断加工方法

##### 2. 特許請求の範囲

(1) 大出力レーザによって、厚板を加工するレーザ切断加工方法において、

中央部の欠落したリングモード主成分のレーザ光を使用して切断加工を行うことを特徴とするレーザ切断加工方法。

(2) 前記リングモード主成分はTEM<sub>01</sub>モード成分であることを特徴とする請求項1記載のレーザ切断加工方法。

(3) 前記リングモード主成分に対して、TEM<sub>00</sub>モード成分を含むことを特徴とする請求項1記載のレーザ切断加工方法。

(4) 大出力レーザによって、厚板を加工するレーザ切断加工方法において、

集光光学系表面に気体を吹き付けることで冷却

することを特徴とするレーザ切断加工方法。

(5) 大出力レーザによって、厚板を加工するレーザ切断加工方法において、

集光レンズとして、KCL(塩化カリウム)レンズを使用することを特徴とするレーザ切断加工方法。

(6) 大出力レーザによって、厚板を加工するレーザ切断加工方法において、

集光反射鏡を使用することを特徴とするレーザ切断加工方法。

(7) 大出力レーザによって、厚板を加工するレーザ切断加工方法において、

中央部の欠落したリングモード主成分のレーザ光を使用し、

集光光学系表面に気体を吹き付けることで冷却することを特徴とするレーザ切断加工方法。

(8) 大出力レーザによって、厚板を加工するレーザ切断加工方法において、

中央部の欠落したリングモード主成分のレーザ光を使用し、

集光レンズとして、KCL（塩化カリウム）レンズを使用することを特徴とするレーザー切断加工方法。

（9）大出力レーザーによって、厚板を加工するレーザー切断加工方法において、

中央部の欠陥したリングモード主成分のレーザー光を使用し、

集光反射鏡を使用することを特徴とするレーザー切断加工方法。

### 3. 発明の詳細な説明

#### 〔産業上の利用分野〕

本発明は軟鋼などの厚板を切断するレーザー切断加工方法に関し、特に光学歪みによる集光特性を改良したレーザー切断加工方法に関する。

#### 〔従来の技術〕

従来のCO<sub>2</sub>レーザー加工機は出力1KW以下のものが中心であって、軟鋼であれば板厚9mm程度が切断限界であった。この出力領域ではいかに

微小点までレーザー光を集光光学系で絞れるかが最大の技術課題であった。集光特性を左右する因子としてはレーザー光の発散角を決定するモード次数、回折限界を決定する集光系上でのビーム直径、集光系収差などがあり、なかでもCO<sub>2</sub>レーザー加工機では第一因子のモード次数が重視され、最低次数モードであるTEM<sub>00</sub>モードの達成が重視された。このTEM<sub>00</sub>モードは発散角が最小のモードであって、最も集光特性に優れ微小加工が可能なるものである。

#### 〔発明が解決しようとする課題〕

この考えは大出力CO<sub>2</sub>レーザーを用いた加工機の場合にも適用された。レーザー発振器の大出力化とTEM<sub>00</sub>モード化は一般には両立しない条件であるが、種々の工夫が施されてモード純化が試みられた。

しかし、我々は実験を通じて出力2KW以上の領域ではTEM<sub>00</sub>主成分のモードでは集光光学系に光学歪みが発生し、小出力時とは全く異なっ

たふるまいを示し、微小点への集光は最早不可能であることを見いだした。

これはZnSeレンズの場合にもっとも顕著である。レンズ上にレーザー光吸収による温度上昇が生じTEM<sub>00</sub>モードでは中心部分のパワー密度が顕著に高くなるので温度分布も同様の分布を示す。その結果高温部分は熱膨張と屈折率増加を発生し集光特性の局部的変化をもたらす。

この集光特性の乱れは前記した集光特性を増大させる3種の因子の効果をはるかに上回ったものである。いうなれば集光特性を改良しようとする従来のアプローチは出力2KW以上の領域では全く逆の効果しかなかったと言える。

本発明はこのような点に鑑みてなされたものであり、リングモードを主成分とするレーザー光を使用して光学歪みによる集光特性劣化を改良したレーザー切断加工方法を提供することを目的とする。

また、本発明の他の目的は集光光学系表面に気体を吹きつけて冷却して、光学歪みによる集光特性劣化を改良したレーザー切断加工方法を提供する

ことである。

さらに、本発明の他の目的は集光レンズとしてKCLレンズを使用して、光学歪みによる集光特性劣化を改良したレーザー切断加工方法を提供することである。

また、本発明の他の目的は集光レンズとして集光反射鏡を使用して、光学歪みによる集光特性劣化を改良したレーザー切断加工方法を提供することである。

#### 〔課題を解決するための手段〕

本発明では上記課題を解決するために、

大出力レーザーによって、厚板を加工するレーザー切断加工方法において、中央部の欠陥したリングモード主成分のレーザー光を使用して切断加工を行うことを特徴とするレーザー切断加工方法が、提供される。

また、大出力レーザーによって、厚板を加工するレーザー切断加工方法において、集光光学系表面に気体を吹き付けることで冷却することを特徴とす

⑨ 日本国特許庁(JP)

⑩ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A) 平3-216287

⑮ Int. Cl.<sup>5</sup>

識別記号

庁内整理番号

⑬ 公開 平成3年(1991)9月24日

B 23 K 26/06  
H 01 S 3/00  
3/101

E 7920-4E  
B 7630-5F  
7630-5F

審査請求 未請求 請求項の数 9 (全6頁)

⑭ 発明の名称 レーザ切断加工方法

⑰ 特 願 平2-10029

⑱ 出 願 平2(1990)1月19日

⑲ 発 明 者 軽 部 規 夫 山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場3580番地 ファナック  
株式会社レーザ研究所内

⑳ 出 願 人 ファナック株式会社 山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場3580番地

㉑ 代 理 人 弁理士 服 部 毅 巖

明 細 書

1. 発明の名称

レーザ切断加工方法

2. 特許請求の範囲

(1) 大出力レーザによって、厚板を加工するレーザ切断加工方法において、

中央部の欠落したリングモード主成分のレーザ光を使用して切断加工を行うことを特徴とするレーザ切断加工方法。

(2) 前記リングモード主成分はTEM<sub>01</sub>モード成分であることを特徴とする請求項1記載のレーザ切断加工方法。

(3) 前記リングモード主成分に対して、TEM<sub>00</sub>モード成分を含むことを特徴とする請求項1記載のレーザ切断加工方法。

(4) 大出力レーザによって、厚板を加工するレーザ切断加工方法において、

集光光学系表面に気体を吹き付けることで冷却

することを特徴とするレーザ切断加工方法。

(5) 大出力レーザによって、厚板を加工するレーザ切断加工方法において、

集光レンズとして、KCL(塩化カリウム)レンズを使用することを特徴とするレーザ切断加工方法。

(6) 大出力レーザによって、厚板を加工するレーザ切断加工方法において、

集光反射鏡を使用することを特徴とするレーザ切断加工方法。

(7) 大出力レーザによって、厚板を加工するレーザ切断加工方法において、

中央部の欠落したリングモード主成分のレーザ光を使用し、

集光光学系表面に気体を吹き付けることで冷却することを特徴とするレーザ切断加工方法。

(8) 大出力レーザによって、厚板を加工するレーザ切断加工方法において、

中央部の欠落したリングモード主成分のレーザ光を使用し、

集光レンズとして、KCL（塩化カリウム）レンズを使用することを特徴とするレーザー切断加工方法。

（9）大出力レーザーによって、厚板を加工するレーザー切断加工方法において、

中央部の欠落したリングモード主成分のレーザー光を使用し、

集光反射鏡を使用することを特徴とするレーザー切断加工方法。

### 3. 発明の詳細な説明

#### 〔産業上の利用分野〕

本発明は軟鋼などの厚板を切断するレーザー切断加工方法に関し、特に光学歪みによる集光特性を改良したレーザー切断加工方法に関する。

#### 〔従来の技術〕

従来のCO<sub>2</sub>レーザー加工機は出力1KW以下のものが中心であって、軟鋼であれば板厚9mm程度が切断限界であった。この出力領域ではいかに

微小点までレーザー光を集光光学系で絞れるかが最大の技術課題であった。集光特性を左右する因子としてはレーザー光の発散角を決定するモード次数、回折限界を決定する集光系上でのビーム直径、集光系収差などがあり、なかでもCO<sub>2</sub>レーザー加工機では第一因子のモード次数が重視され、最低次数モードであるTEM<sub>00</sub>モードの達成が重視された。このTEM<sub>00</sub>モードは発散角が最小のモードであって、最も集光特性に優れ微小加工が可能なるものである。

#### 〔発明が解決しようとする課題〕

この考えは大出力CO<sub>2</sub>レーザーを用いた加工機の場合にも踏襲された。レーザー発振器の大出力化とTEM<sub>00</sub>モード化は一般には両立しない条件であるが、種々の工夫が施されてモード純化が試みられた。

しかし、我々は実験を通じて出力2KW以上の領域ではTEM<sub>00</sub>主成分のモードでは集光光学系に光学歪みが発生し、小出力時とは全く異なっ

たふるまいを示し、微小点への集光は最早不可能であることを見いだした。

これはZnSeレンズの場合にもっとも顕著である。レンズ上にレーザー光吸収による温度上昇が生じTEM<sub>00</sub>モードでは中心部分のパワー密度が顕著に高くなるので温度分布も同様の分布を示す。その結果高温部分は熱膨張と屈折率増加を発生し集光特性の局所的変化をもたらす。

この集光特性の乱れは前記した集光特性を増大させる3種の因子の効果をはるかに上回ったものである。いうなれば集光特性を改良しようとする従来のアプローチは出力2KW以上の領域では全く逆の効果しかなかったと言える。

本発明はこのような点に鑑みてなされたものであり、リングモードを主成分とするレーザー光を使用して光学歪みによる集光特性劣化を改良したレーザー切断加工方法を提供することを目的とする。

また、本発明の他の目的は集光光学系表面に気体を吹きつけて冷却して、光学歪みによる集光特性劣化を改良したレーザー切断加工方法を提供する

ことである。

さらに、本発明の他の目的は集光レンズとしてKCLレンズを使用して、光学歪みによる集光特性劣化を改良したレーザー切断加工方法を提供することである。

また、本発明の他の目的は集光レンズとして集光反射鏡を使用して、光学歪みによる集光特性劣化を改良したレーザー切断加工方法を提供することである。

#### 〔課題を解決するための手段〕

本発明では上記課題を解決するために、

大出力レーザーによって、厚板を加工するレーザー切断加工方法において、中央部の欠落したリングモード主成分のレーザー光を使用して切断加工を行うことを特徴とするレーザー切断加工方法が、提供される。

また、大出力レーザーによって、厚板を加工するレーザー切断加工方法において、集光光学系表面に気体を吹き付けることで冷却することを特徴とす

るレーザ切断加工方法が、提供される。

さらに、大出力レーザによって、厚板を加工するレーザ切断加工方法において、集光レンズとして、KCL（塩化カリウム）レンズを使用することを特徴とするレーザ切断加工方法が、提供される。

また、大出力レーザによって、厚板を加工するレーザ切断加工方法において、集光反射鏡を使用することを特徴とするレーザ切断加工方法。

#### 〔作用〕

中央部の欠落したリングモード主成分のレーザ光を使用することにより、集光用光学系、すなわち集光レンズの中央部のレーザ光吸収による光学歪みを低減して、集光特性の劣化を防止する。TEM01主成分のレーザ光を用いても出力2KW以上でファイン切断することができる。更にこの方法によればビーム形状に制約がないのでレーザ光を遠距離伝搬させて切断に用いることが可能である。厚板は通常ワークが長大であるので、この

ビーム遠距離（たとえば20m）伝搬は実用上重要である。

また、集光光学系表面に気体を吹き付けることで集光光学系、すなわち集光レンズの発熱の大きい中央部を直接冷却し、集光レンズの温度を低下させ、集光レンズの中央部のレーザ光吸収による光学歪みを低減して、集光特性の劣化を防止する。

さらに、集光レンズとして、KCL（塩化カリウム）レンズを使用することにより、光学歪みを低減して、集光特性の劣化を防止する。これはKCLでは温度上昇時に膨張と屈折率増大が異符号で発生し、互いに相殺して、光学歪みの増大を抑えることができるからである。

また、集光光学系として、集光反射鏡を使用する。反射鏡は屈折系でないので熱変形による歪みしか存在せず、屈折率の変化による集光特性の劣化を防止する。

#### 〔実施例〕

以下、本発明の一実施例を図面に基づいて説明

する。

第1図（a）、（b）及び（c）は本発明のビームモードを中抜けにするための説明図である。第1図（a）はTEM00モードを、第1図（b）はTEM01モードを、第1図（c）はTEM10モードをそれぞれ示す。TEM01モードのみは中央部が欠落している。この時レーザ出力が同一レベルであってもパワー密度が低下するし、周辺冷却をおこなっている集光系では中心部の過熱がおこりやすいので中心部にレーザビームが照射されないこのようなモードでは光学歪みが発生しづらいものである。

モードは完全にTEM01でなくTEM00モードとTEM01モードを含むものであってもよいが、この場合でもTEM01が主成分である必要がある。またTEM01モードであれば異なったモード間のホッピングが防止できモード安定性が高くなるので切断面精度もすぐれたものになる。

特にRF放電動起レーザは管壁付近に高利得が存在するのでTEM01モードには有利な放電方

法であり、TEM01モードを主成分とするレーザ光を得ることができる。また、共振器内にモード純化用のアパーチャや中央部吸収体を設けることもできる。

第2図は集光レンズを冷却する方法を示す図である。従来は集光レンズは周辺を間接水冷しており、特にTEM00では発熱は中央部に局在していたので前記した光学歪みが多発した。本発明では集光レンズ中央部を直接空冷する。第2図において、10は集光レンズ等を保持する構造体、12の斜線部はレーザ光、11は集光レンズ、8は加工ノズル口、13は焦点、9がワークである。

レーザ光による切断そのものは既知として説明を省略する。本発明では集光レンズ11の両面に冷却ガスを吹き付けて強制冷却をする。そのために集光レンズ11の上面の冷却のために冷却ガス導入口1から、例えば清浄空気を導入し、矢印の方向で集光レンズ11に吹き付けて冷却ガス排出口2から排出させる。これは同時に集光レンズ11の表面の汚れ防止にもなる。集光レンズ11の

下面冷却のために冷却ガス導入口3 から酸素、あるいは空気を導入し冷却ガス排出口4 から排出する。この噴射量は最適値に維持される必要があるので冷却用ガス流は可変バルブ5 によって調節する。このバルブ下流は排気ポンプで引いてもよい。

また、加工ノズル口8 からは切断用補助ガスが吹き出す必要があるのは補助ガス導入口6、7 などから導入され加工ノズル口8 から噴射される。

このような強制空冷で冷却を行う時、集光レンズ11 には光学歪みが発生しないのでTEM01 主成分のモードでもよい集光特性を得ることができる。厚板ではワークは長大であるので加工点がレーザー発振器から20m程度離れることがある。第1図に示すTEM00モードを主成分とする方法は20mの距離にわたってTEM00モード構造を維持することが困難であるが、TEM01モードを主成分とするレーザーを使用する本方法ではこの問題がない。

第3の方法はKCL (塩化カリウム) レンズを

用いることである。この時、特別な冷却がなくても光学歪みは発生しない。これはKCLでは温度上昇時に膨張と屈折率増大が異符号で発生し、相殺するからである。この方法もレーザー光の遠距離伝送時に使用することができる。

第3図は集光用反射鏡を使用する場合の例を示す図である。25は軸はずしパラボラであってレーザー光22を焦点23に集光する。24は軸はずしパラボラ25等を保持する構造体である。16は補助ガス導入口である。軸はずしパラボラ25は反射鏡で屈折系でないので熱変形による歪みしか存在しない。しかも軸はずしパラボラ25は図に示すように背後から全域を間接冷却することができる。26は冷却水通路である。この方法もレーザー光の遠距離伝送時に問題がない。

以上4種の方法を紹介した。いずれも集光系の光学歪みに起因する集光特性低下を防止する方法であって大出力レーザーによる切断加工には有効な技術と言える。

このうちの、第1の方法の中央部の欠落したり

ングモード主成分のレーザー光を使用する方法と、その他の方法である第2の集光レンズをガスで冷却する方法、第3のKCLレンズを使用する方法、第4の集光反射鏡を使用する方法とは互いに組み合わせ、その効果を高めることができる。

これらの方法によれば、出力2KWのCO<sub>2</sub>レーザーで軟鋼25mmまでを切断でき、19mmまでをファイン切断することができる。また、レーザー光伝搬距離20m以上の大型加工機にたいしても安定した特性をあたえることができる。

#### 〔発明の効果〕

以上説明したように本発明では、大出力レーザー光による切断加工時に発生する集光系の光学歪みによる集光特性低下を防止したので、従来切断不可能であった板厚のワークを切断できる。

また、レーザー光伝搬距離の長い大型加工機に対しても安定した特性をあたえることができる。

#### 4. 図面の簡単な説明

第1図(a)、(b)及び(c)は本発明のビームモードを中抜けにするための説明図、

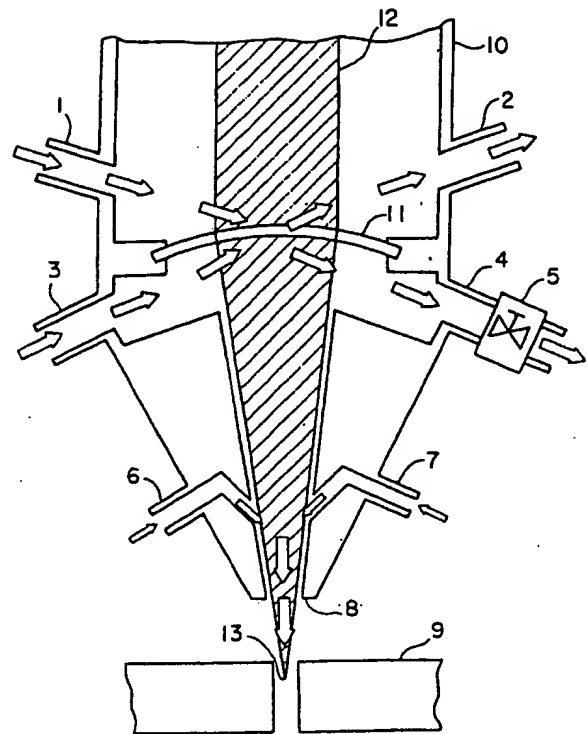
第2図は集光レンズを冷却する方法を示す図、

第3図は集光用反射鏡を使用する場合の例を示す図である。

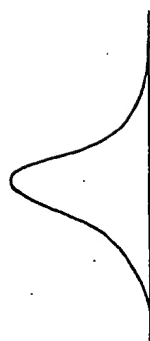
- 1、3 ..... 冷却ガス導入口
- 2、4 ..... 冷却ガス排出口
- 5 ..... 可変バルブ
- 6、7 ..... 補助ガス導入口
- 8 ..... 加工ノズル口
- 9 ..... ワーク
- 10 ..... 構造体
- 11 ..... 集光レンズ
- 12 ..... レーザ光
- 13 ..... 焦点
- 16 ..... 補助ガス導入口
- 18 ..... 加工ノズル口
- 19 ..... ワーク
- 22 ..... レーザ光

- 2 3 .....焦点  
 2 4 .....構造体  
 2 5 .....軸はずしパラボラ  
 2 6 .....冷却水通路

特許出願人      ファナック株式会社  
 代理人            弁理士      服部毅哉



第 2 図



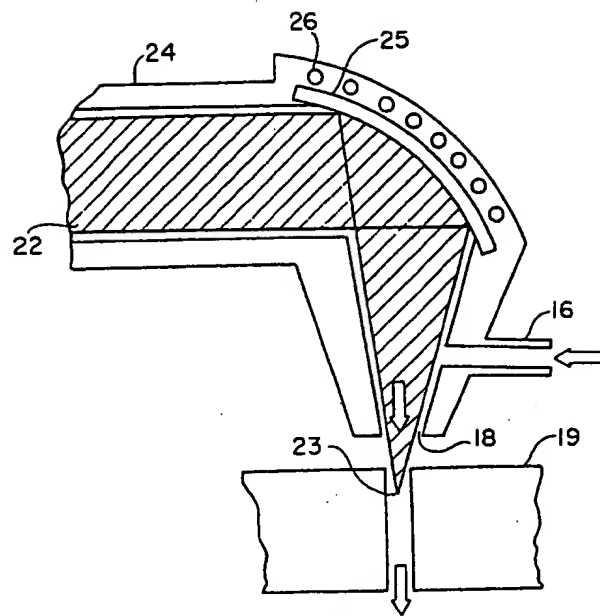
第 1 図 (a)



第 1 図 (b)



第 1 図 (c)



第 3 図